М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Москва - 1982

gost.e-ecolog.ru

"УТВЕРЖДАЮ"
Главный инженер ГПТУ
по строительству
Минэнерго СССР
А.И.Ягушкин
29 IV 1982 г.

"УТВЕРЖДАЮ"
Главный инженер Главтранспроекта Минтрансстроя СССР
А.В.Чернышев
9 апреля 1982 г.

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Заместитель директора по научной работе института "Оргэнергострой", к.т.н.
Г.Г.Чикваидзе

Главный инженер Метрогипротранса
В.А.Алихашкин

Заведующий отделом тоннельных работ
В.А.Румянцев

Начальник технического отдела
В.В.Котов

Заведующий лабораторией, к.т.н.
А.С.Барский

Главный специалист
В.Я.Цодиков

Москва - 1982

О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

I. ВВЕДЕНИЕ 3

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ. 4

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ПРОДОЛЬНО--СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ II

3.I. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ II

3.2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ . . . I5

3.3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ 2I

4. ЛИТЕРАТУРА 36

5. ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . . -

5.I. ГРАФИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУИ K_c ИЗ ВЫХОДНОГО ПАТРУБКА ВЕНТИЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ 38

5.2. АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕНТИЛЯТОРОВ ТИПА СВМ-5М, СВМ-6М 39

5.3. АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕНТИЛЯТОРА ТИПА ВМ-6М 40

I. В В Е Д Е Н И Е

В настоящее время в Союзе ССР широко развивается строительство автодорожных тоннелей на автомобильных дорогах I-IУ категории общей сети Союза ССР, а также на автомобильных дорогах, используемых при строительстве гидротехнических и подобных объектов.

Для автодорожных тоннелей длиной как правило не более 1800 м на автомобильных дорогах I-IУ категории общей сети Союза ССР при интенсивности движения от 400 до 2800 автомашин в час может быть применена высокоэффективная система продольно-струйной вентиляции, принципы проектирования и методика расчетов которой до настоящего времени в Союзе ССР не были в полной мере разработаны.

В данной работе приводятся основные положения применения и методика расчетов продольно-струйной системы вентиляции, которые составлены по результатам проведенных испытаний как в Союзе ССР, так и за рубежом.

Методика расчетов продольно-струйной системы вентиляции разработана инженерами институтов:

Метрогипротранса - Цодиковым В.Я.

Оргэнергостроя - Барским А.С. и Барановым В.С.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Проектные решения вентиляции автодорожных тоннелей протяженностью более 400 м предусматривают, как правило, применение поперечной, продольно-поперечной или поперечно-продольной систем вентиляции, требующих увеличенного поперечного сечения автодорожного тоннеля для размещения в нем вентиляционных каналов или прокладки параллельно автодорожному тоннелю специального вентиляционного тоннеля, соединенного с автодорожным через 50-100 м поперечными сбойками.

Для тоннелей незначительной протяженности возможно устройство продольной системы вентиляции с применением вентиляционной установки портально-эжекционного действия - системы "Саккардо", требующей установки вентиляционных агрегатов большой мощности.

При наличии на трассе автодорожных тоннелей шахтных стволов или подходных штолен с небольшим расстоянием между порталами и шахтами, а также между шахтами в пределах около 1000 м, осуществляется продольная система вентиляции с применением вентиляционных установок, располагаемых у стволов шахт, в подходных штольнях и у порталов тоннелей.

Для системы "Саккардо", а также для вентиляционных шахтных установок требуются сооружения специальных камер для размещения в них мощного вентиляционного оборудования.

Расположение вентиляционных каналов в автодорожных тоннелях, сооружение отдельного вентиляционного тоннеля

рядом с автодорожным, а также сооружение вентиляционных камер для системы вентиляции "Саккардо" и систем продольной вентиляции с применением стволов шахт приводит к большим капитальным и эксплуатационным затратам, а также осложнениям процесса эксплуатации таких систем.

Исключить указанные недостатки позволяет продольно-струйная система вентиляции, заключающаяся в том, что под сводом тоннеля, вдоль его продольной оси, в строительных габаритах тоннеля, но за пределами габаритов его транспортной зоны располагаются рядами, по одному или несколько комплектов в ряду, осевые вентиляторы диаметром около 0,5-0,8 м.

Осевые вентиляторы каждого ряда последовательно засасывают воздух из транспортной зоны тоннеля и выдают его вдоль тоннеля через напорные патрубки, создавая с большой скоростью продольный факельный поток воздуха, который эжектирует соответствующий воздушный поток по всему сечению тоннеля.

Переданная этим потоком кинетическая энергия достаточна для преодоления всех видов аэродинамических сопротивлений.

Вентиляторы, расположенные последовательно рядами по всей длине тоннеля, преодолевают его полное аэродинамическое сопротивление. При этом наружный воздух засасывается через один портал и выбрасывается через другой, обеспечивая необходимый воздухообмен.

Помимо преодоления аэродинамического сопротивления внутренней поверхности тоннеля, а также входа и выхода воздуха через порталы активно преодолевается действие даже противоположных направлению потока воздуха гравитационных сил,

скорости ветра у порталов и аэродинамического сопротивления встречного потока движущихся в тоннеле автомашин.

В основу данной методики были положены теоретические разработки, а также результаты натурных испытаний продольно-струйных систем вентиляции:

- в автодорожном тоннеле через мыс "Видный" на автомобильной дороге Агура-Адлер, испытания по которому были проведены Главтоннельметростроем, Главтранспроектом, Метрогипротрансом, Кавгипротрансом, Управлением № 157 и Оргэнергостроем Минэнерго СССР;

- в ряде автодорожных тоннелей при строительстве гидротехнических объектов, испытания по которым были проведены Оргэнергостроем Минэнерго СССР [10] ;

- в зарубежных тоннелях, по данным литературы [11] , [12] , [13] .

Для обеспечения оптимального эжекционного потока, создаваемого струйными осевыми вентиляторами, скорость воздуха, выходящего из напорного патрубка этих вентиляторов или примыкающих к ним трубчатых глушителей шума, на основании проведенных исследований должна быть в пределах 22-35 м/с.

Этими исследованиями установлено, что при работе продольно-струйной системы вентиляции распределение относительных продольных скоростей воздуха по 15 замеренным точкам в каждом сечении тоннеля, расположенным от свода тоннеля до его лотка и в пределах всей ширины тоннеля, колеблется от 1 до 0,72.

Меньшие значения скоростей наблюдаются в точках, расположенных у лотка тоннеля.

Существенное преимущество продольно-струйных систем вентиляции перед выше изложенными системами вентиляции заключается в возможности значительной экономии электроэнергии также за счет дифференцированного, автоматического включения в работу необходимого количества струйных осевых вентиляторов в зависимости от интенсивности движения автотранспорта в тоннеле и, как следствие, количества выделяемых автотранспортом газовых вредностей.

Для продольно-струйной системы вентиляции наиболее целесообразно применение реверсивных осевых вентиляторов, дающих возможность в аварийных ситуациях изменять направление потока воздуха в тоннеле при помощи автоматических устройств, в зависимости от изменения направления действия ветра и разницы барометрических давлений у порталов.

Отечественной промышленностью подобные вентиляторы с соответствующей аэродинамической характеристикой диаметром 0,5-0,8 м в настоящее время не выпускаются.

Поэтому впредь до их изготовления при ограниченной длине автодорожных тоннелей возможно применение вентиляторов типов СВМ-5М, СВМ-6М и ВМ-6М, диаметром 0,5-0,6 м.

Скорость вращения ротора этих вентиляторов достигает 2950 об/мин. При таких скоростях вращения ротора вентиляторы создают большой мощности аэродинамический шум.

Для снижения звуковой мощности этого шума рекомендуется к каждому осевому вентилятору с всасывающей и напорной стороны его патрубков устанавливать трубчатые глушители шума.

Для того, чтобы уровень шума вентиляторов был ниже уровня шума, создаваемого движущимся по тоннелю автомобильным транспортом, необходимая длина трубчатых глушителей шума или количество секций стандартных глушителей шума должны быть определены соответствующими акустическими расчетами.

При установке вентиляторов типа СВМ-6М или ВМ-6М рекомендуется использование трубчатых глушителей шума типа ГШ [9], устанавливаемых последовательно по 2 секции с всасывающей и напорной стороны каждого вентилятора, располагаемого в средней части тоннеля по его длине.

Для вентиляторов, расположенных непосредственно вблизи порталов тоннеля, может оказаться необходимым устанавливать по три секции указанных глушителей шума со стороны патрубков вентиляторов, обращенных в сторону портала.

Расстояние между рядами вентиляторов рекомендуется принимать $\ell_р$ = (10-14) ϕ экв. Вентиляторы, как правило, рекомендуется располагать от верхней образующей вентилятора до внутренней поверхности свода тоннеля на расстоянии не менее 0,5 м, а по ширине между наружными образующими вентиляторов 1,0-1,2 м.

В отдельных случаях допускается уменьшение этих расстояний, вплоть до расположения вентиляторов непосредственно у внутренней поверхности свода тоннеля и между собой. При этом должно быть уменьшено расстояние между рядами вентиляторов до $\ell_р$ = (7-9) ϕ экв., а коэффициент использования струи из выходного патрубка вентиляторной установки должен быть снижен до 0,7 (приложение 6-1).

Ремонт струйных вентиляторных установок предусматривается путем их предварительного демонтажа совместно с присоединенными к ним глушителями шума. Для этого конструкция крепления вентиляторных установок к обделке тоннеля должна быть легко разбираемой, а для осуществления демонтажных и монтажных работ должна быть предусмотрена автомашина с соответствующим подъемным приспособлением.

С точки зрения требований к системе вентиляции, автодорожные тоннели могут быть двух типов:

I - тоннели на автомобильных дорогах I-IУ категории общей сети Союза ССР.

П - тоннели, сооружаемые на автомобильных дорогах, используемых при строительстве гидротехнических и подобных объектов.

Системы вентиляции для автодорожных тоннелей I типа должны выполняться в соответствии с требованиями главы СНиП П-44-78, "Тоннели железнодорожные и автодорожные", а для тоннелей П типа - в соответствии с требованиями, изложенными в "Руководстве по проектированию и осуществлению вентиляции при сооружении тоннелей в энергостроительстве, "Оргэнергострой", инв. Б 981939 ВНИИЦЕНТР, 1980 и "Инструкции по безопасному применению самоходного оборудования в подземных рудниках. Издательство "Недра", 1973 г.

Производительность вентиляции для тоннелей типа I определяется по количеству окиси углерода - СО, выделяемой одновременно движущимися в тоннеле автомашинами, при максимальном развитии движения [I] и [3].

При этом должны учитываться: характер движения автомашин с грузом, без груза, по горизонтали или с уклоном (с учетом величины и направления уклона), направления движения автомашин по отношению к направлению потока вентиляционного воздуха, скорость движения автомашин и барометрическое давление в месте расположения тоннеля.

Для автодорожных тоннелей П типа производительность вентиляции должна определяться в зависимости от местных условий, по количеству одновременно движущихся автомашин в тоннеле и мощности их двигателей, при максимальном развитии движения из расчета подачи наружного воздуха в количестве 5 $м^3$/мин.л.с. для автомашин с дизельными двигателями и 6 $м^3$/мин.л.с. для автомашин с карбюраторными двигателями [2] и [4] .

Аэродинамическое сопротивление тоннелей I и П типа следует определять на основании данных [5] [6] и [7] .

В методике приведена последовательность расчетного определения допустимости применения продольно-струйной системы вентиляции для автодорожного тоннеля заданной длины, необходимого расхода воздуха для вентиляции тоннеля, всех видов аэродинамического сопротивления системы, а также количества и взаимного расположения выбранных типов струйных вентиляторов по длине тоннеля.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

3.I. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

$L_т$ - длина тоннеля между порталами, м;

$l_р$ - расстояние между рядами вентиляторов по длине тоннеля, м;

$N_{и.м.}$ - интенсивность движения по тоннелю всех типов автомашин, маш/ч ;

$N_{и.м.1}$, $N_{и.м.2}$ ... $N_{и.м.п.}$ - то же каждого типа в отдельности, маш/ч;

$N_м$ - количество автомашин одного типа, одновременно движущихся в тоннеле, шт.;

$N_{м1}$, $N_{м2}$, ... $N_{мп}$ - то же каждого типа в отдельности, шт.;

$\Sigma N_м$ - суммарное количество автомашин всех типов, одновременно движущихся в тоннеле, шт.;

$N_{м.пр.л(+)}$, $N_{м.пр.л(-)}$ - количество автомашин, приведенных к легковым, одновременно находящихся в тоннеле и движущихся соответственно по направлению движения потока воздуха в тоннеле и против него, шт.;

$N_в$ - количество струйных вентиляторов, установленных в одном ряду, шт.;

$N_{вр}$ - количество рядов вентиляторов по длине тоннеля, компл.;

r - внутренний радиус выходного патрубка вентиляторной установки, м;

$V_м$ - скорость движения автомашин по тоннелю, м/ч;

$V_{м(+)}, V_{м(-)}$ - скорость движения автомашин по тоннелю, соответственно по направлению вентиляционного потока воздуха в тоннеле и против него, м/с;

$V_т$ - продольная средняя скорость воздуха в тоннеле, м/с;

$V_в$ - скорость выхода воздуха из напорного патрубка вентиляторной установки, м/с;

$V_{вет}$ - скорость ветра наружных потоков воздуха, воздействующих на портал, м/с;

K - коэффициент отношения количества автомашин всех типов, одновременно движущихся по тоннелю в одном определяющем направлении, к общему количеству автомашин, одновременно движущихся в тоннеле в двух направлениях;

$K_{л.м.}, K_{гр.м.}$ - относительное значение количества соответственно легковых и грузовых автомашин, одновременно движущихся в тоннеле;

$K_с$ - коэффициент использования струи из выходного патрубка вентиляторной установки;

$K_{гл.}$ - коэффициент увеличения сопротивления вентиляторной установки в зависимости от количества последовательно установленных секций трубчатых глушителей шума типа ГШ;

$G_1, G_2 \ldots G_n$ - количество газовых вредностей (окись углерода - CO); выделяемых автомашинами разного типа, одновременно движущимися в тоннеле, кг/м;

ΣG - суммарное количество газовых вредностей, выделяемых автомашинами всех типов, одновременно движущимися в тоннеле, кг/ч;

$C_к$ - предельно допустимая концентрация (ПДК) окиси углерода в воздухе транспортной зоны тоннеля, мг/м^3;

$C_н$ - то же начальная в наружном воздухе, мг/м^3;

$Q_в$ - производительность вентиляторной установки, м^3/с;

Q - расчетное количество воздуха для вентиляции тоннеля, м^3/ч;

θ - угол установки направляющего аппарата вентилятора, гр.;

$q_{диз.}, q_{кар.}$ - расчетное количество воздуха, которое необходимо подать в тоннель для его вентиляции на одну лошадиную силу мощности двигателей автомашин, одновременно движущихся в тоннеле, соответственно дизельных и карбюраторных, м^3/мин.л.с.;

N - мощность электродвигателя, квт;

$\Sigma N_{диз.}, \Sigma N_{кар.}$ - суммарная мощность двигателей автомашин, одновременно движущихся в тоннеле, соответственно дизельных и карбюраторных, л.с.;

ΣN - суммарная мощность электродвигателей, квт.;

$F_т$, $F_в$ - площадь поперечного сечения в свету соответственно тоннеля и выходного патрубка вентиляторной установки, м2;

$F_м$, $F_{м.пр.л.}$ - площадь автомашин по Миделеву сечению, соответственно каждого типа и приведенная к легковой, м2;

ΔH - разница отметок оси тоннеля между порталом, м;

h - расстояние от внутренней поверхности свода тоннеля до оси выходного патрубка вентиляторной установки,м;

$\varphi_м$ - коэффициент лобового сопротивления автомашины;

α - угол направления ветровых потоков воздуха к порталу тоннеля, гр.;

B_1, B_2 - барометрическое давление наружного воздуха, соответственно у одного и второго порталов, взятые на одной высотной отметке, мм.рт.ст.;

λ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения внутренней поверхности тоннеля;

$\gamma_н$, $\gamma_{т.ср.}$ - плотность воздуха при заданной расчетной его температуре, соответственно наружного у портала и средняя в тоннеле, кг/м^3;

$Д_{экв.}$ - эквивалентный гидравлический диаметр тоннеля, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2;

$\sum \zeta_т$ - суммарные местные аэродинамические сопротивления тоннеля;

$\zeta_{т.вс.}$ - местные аэродинамические сопротивления входа воздуха в тоннель через портал;

$\zeta_{гл.нап.}$, $\zeta_{т.нап.}$ – то же выхода воздуха, соответственно из вентиляторной установки и через портал тоннеля наружу;

$\rho_{с.в.}$ – суммарное аэродинамическое сопротивление одной вентиляторной установки, кГс/м^2;

$\rho_{т}$ – суммарное аэродинамическое сопротивление (трение и местные сопротивления) тоннеля, кГс/м^2;

$\rho_{п.}$, $\rho_{ст.}$, $\rho_{д.}$ – давление, создаваемое вентилятором, соответственно полное, статическое и динамическое, кГс/м^2;

$\rho_{ст.}$, $\rho_{вет.}$, $\rho_{гр.}$, $\rho_{бар.}$ – давление, которое создается соответственно одной струйной вентиляторной установкой, движущимися автомашинами в тоннеле при встречном и одностороннем движении, наружным ветром у портала, действием гравитационных сил, разницей барометрических давлений у двух порталов на одной высотной отметке, кГс/м^2;

$t_{н.}$, $t_{т.ср.}$ – расчетная температура воздуха соответственно наружного и средняя в тоннеле, ^{0}С;

3.2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Протяженность тоннеля, при которой в зависимости от интенсивности движения автотранспорта допустимо применять продольно-струйную систему вентиляции

$$L_т \leq 1900 - 0{,}60\, N_{им}, \text{ м} \qquad (1)$$

Формула (I) справедлива при условии

$$400 \leq N_{и.м.} \leq 2300$$

Количество автомашин одного типа, одновременно движущихся в тоннеле

$$n_м = \frac{L_т}{v_м} \cdot n_{и.м.}, \text{ маш.} \qquad (2)$$

Суммарное количество автомашин всех типов, одновременно движущихся в тоннеле

$$\Sigma n_м = n_{м_1} + n_{м_2} + \ldots + n_{м.п.}, \text{ маш.} \qquad (3)$$

Количество автомашин, легковых и грузовых, одновременно движущихся в тоннеле в одном направлении, приведенное к легковым автомашинам

$$n_{м.пр.л.} = K \cdot n_{и.м.} (K_{л.м.} + 1{,}5 K_{гр.м.}) \frac{L_т}{v_м}, \text{ маш.} \qquad (4)$$

Суммарное количество газовых вредностей (окиси углерода CO), выделяемых автомашинами всех типов, одновременно движущимися в тоннеле, с учетом повышающего коэффициента I,5-I,7 в значении G для карбюраторных автомашин, в соответствии с рекомендацией, указанной в заключение литературы [3], стр.2I.

$$\Sigma G = (G_1 \cdot n_{м1} + G_2 \cdot n_{м2} + \ldots + G_л\, n_{мп}), \text{ кг/ч} \qquad (5)$$

Расчетный воздухообмен для автодорожного тоннеля I типа по номенклатуре, приведенной во "Введении"

$$Q = \frac{1{,}1 \cdot 10^6 \cdot \Sigma G}{C_к - C_л}, \text{ м}^3/\text{ч} \qquad (6)$$

То же для автодорожных тоннелей П типа

$$Q = 1,1 \cdot 60 (q_{диз.} \Sigma N_{диз.} + q_{кар.} \Sigma N_{кар.}) \text{ , м}^3/\text{ч} \qquad (7)$$

Продольная, средняя по сечению скорости воздуха в тоннеле

$$v_т = \frac{Q}{3600 \cdot F_т} \text{ , м/с} \qquad (8)$$

Давление, которое создают струйные вентиляторы, установленные в тоннеле параллельно в одном ряду

$$P_в = 2K_c \frac{n_в \cdot F_в}{F_т} \cdot \frac{v_в}{v_т} \left(\frac{v_в}{v_т} - 1 \right) \cdot \frac{\gamma_{т.ср.} \cdot v_т^2}{2g} \text{ , кГс/м}^2 \qquad (9)$$

K_c - определяется по приложению 6.I, в зависимости от принятого расстояния между центром выходного отверстия вентиляторной установки и внутренней поверхностью свода тоннеля - выработки;

$v_в$ - должна уточняться по нижеприведенной зависимости. Аэродинамическое суммарное сопротивление одной вентиляторной установки системы продольно-струйной вентиляции

$$P_{с.в.} = K_{гл.} \cdot \zeta_{гл.нап.} \frac{\gamma_{т.ср.} \cdot v_в^2}{2g} \text{ , кГс/м}^2 \qquad (10)$$

Напорные патрубки вентиляторной установки с глушителями и без глушителей шума в целях создания максимальной

эжекционной струи при минимальных аэродинамических сопротивлениях следует выполнять гладкими, без насадок, тогда

$\zeta_{гл.нап.} = I,0$ [6]

Значение $К_{гл.}$ в формуле (I0) следует принимать по данным [9] . При установке к вентилятору по одному глушителю шума типа ГШ с всасывающей и напорной его стороны $К_{гл.}$=I,03-I.05, то же по два глушителя шума - $К_{гл.}$ = I,06 - I,I0, то же с одной стороны вентилятора двух глушителей шума, а с другой трех - $К_{гл.}$ = I,08 - I,I2.

Значение скоростей воздуха $\vartheta_в$ определяется точкой пересечения кривой аэродинамического сопротивления вентиляторной установки, построенной при различных задаваемых значениях $\vartheta_в$ по формуле (I0), и аэродинамической характеристики вентилятора, построенной при полном его давлении - Рп=Рст+Рд, кГс/м^2.

Производительность вентиляторной установки

$$Q_в = F_в \cdot \vartheta_в \quad , м^3/с \quad (II)$$

Аэродинамическое сопротивление (трение и местные сопротивления) тоннеля

$$P_т = \left(\Sigma \zeta_т + \lambda_т \frac{L_т}{Д_{экв.т}}\right) \frac{\gamma_{т.ср.} \cdot \vartheta_т^2}{2g} \quad , кГс/м^2 \quad (I2)$$

$\Sigma \zeta_т = \zeta_{т.вс.} + \zeta_{т.нап.}$

В расчетах следует принимать $\zeta_{т.вс.}$ = 0,5, $\zeta_{т.нап.}$ = I,0 [6] , а λ по данным литературы [5] и [7].

Давление, создаваемое автомашинами, движущимися в двухпутных или однопутных тоннелях при встречном или попутном движении потоку воздуха вентиляции тоннеля

$$P_{м.в.ст.} = \frac{F_{м.пр.л.} \cdot \varphi_м}{F_т} \cdot \frac{\gamma_{т.ср.}}{2g} \cdot [\Pi_{м.пр.л.\ominus} (V_{м\ominus} + V_т)^2 - \Pi_{м.пр.л.\oplus} (V_{м\oplus} - V_т)^2] \quad , \text{кГс/м}^2 \quad (I3)$$

При одностороннем движении по тоннелю в формулу (I3) включается только одно значение $\Pi_{м.пр.л.}$ $(V_м \pm V_т)$, которое должно соответствовать направлению воздушных потоков системы вентиляции в тоннеле. При движении воздушных потоков попутно движению машин (+), а при встречном движении (-).

В случае движения по тоннелю только одного вида автомашин - грузовых или легковых - значения $F_{м.пр.л}$ и $\Pi_{м.пр.л.}$ принимаются по виду движущихся автомашин в соответствии с данными, приведенными в литературе [8] .

По некоторым видам автомашин эти данные приводятся в таблице I.

Таблица I.

Тип автомашин	$F_м$ м2	$\varphi_м$
Автобус ПАЗ-665	5,50	0,586
Грузовик МАЗ-504	5,20	0,63
Грузовик ЗИЛ-I30В	4,35	0,60
Волга ГАЗ-24	2,I0	0,48
Москвич-423	I,75	0,45
Жигули -ВАЗ-2I0II	I,85	0,46

Давление, создаваемое потоком ветра у порталов тоннеля, направленном навстречу ⊖ или по направлению движения воздуха системы вентиляции в тоннеле ⊕

$$\pm P_{вет.} = \frac{\gamma_н \cdot V^2_{вет.}}{2g} \cos^2\alpha \quad , кГс/м^2 \quad (I4)$$

Давление, создаваемое действием гравитационных сил воздуха у порталов тоннеля навстречу ⊖ или по направлению движения воздуха системы вентиляции в тоннеле ⊕

$$\pm P_{гр.} = \Delta H (\gamma_{н.} - \gamma_{т.ср.}) \quad , кГс/м^2 \quad (I5)$$

Давление, создаваемое разницей барометрических давлений наружной атмосферы перед порталами, действующее навстречу ⊖ или по направлению движения воздуха системы вентиляции в тоннеле ⊕

$$\pm P_{бар.} = 13{,}8 \, (B_1 - B_2) \quad , кГс/м^2 \quad (I6)$$

Значение $B_I - B_2$ следует определять при производстве изыскания по строительству автодорожного тоннеля у мест будущих порталов на одной отметке. Практически значение $B_I - B_2$ при ограниченной длине тоннеля может быть

0,05 - 0,2 мм.рт.ст.

Количество рядов вентиляторов, которое следует устанавливать по длине тоннеля

$$n_{в.р.} = \frac{P_т. + P_{м.вст.} \pm P_{вет.} \pm P_{гр.} \pm P_{бар.}}{P_в.} \quad , ряд \quad (I7)$$

При расположении верхней образующей напорного патрубка вентиляторной установки от внутренней поверхности свода или потолка тоннеля не менее, чем на 0,5 м, расстояние между рядами вентиляторов рекомендуется принимать по зависимости

$$\ell_р = (10-14)\Phi_{экв.}, \text{ м} \qquad (18)$$

а при расположении верхней образующей напорного патрубка непосредственно у внутренней поверхности свода или потолка тоннеля - по зависимости

$$\ell_р = (7-9)\Phi_{экв.}, \text{ м} \qquad (19)$$

3.3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

Пример I. Определить необходимое количество рядов вентиляторов, количество вентиляторов в каждом ряду, расстояние между их рядами, тип вентиляторов и глушителей шума к ним, характеристику вентиляторов и затрачиваемую мощность на их работу, а также направление действия воздушного потока продольно-струйной системы вентиляции автодорожного тоннеля типа I для пассажирского двухстороннего движения при следующих исходных данных:

длина тоннеля $\ell_т$ = I200 м, его поперечное сечение в свет $F_т$ = 69,5 м2, эквивалентный гидравлический диаметр тоннеля $\Phi_{экв.}$ = 9,22 м2, скорость движения автотранспорта $V_м$ = 60 км/ч при максимальной его интенсивности $N_{им.}$ = I150 автомашин в час; из них 45% грузовых-$К_{гр.м.}$=0,4

и 55% легковых - $K_{л.м.}$ = 0,55, в каждом направлении движеься 50% от общего количества машин каждого типа - K = 0,5, разницы отметок между порталами ΔH = 7,5 м, что соответствует уклону тоннеля 6‰ к северному порталу, скорость ветра у северного пертала $V_{вет}$= 3 м/с, а у южного $V_{вет}$= 6 м/с, с расчетным направлением к каждому портал под углом α = 40°, барометрическое давление у северкого портала B_1 = 741,0 мм.рт.ст, а южного B_2=741,06мм.рт.ст. средняя температура воздуха в тоннеле $t_{ср.т.}$ = + 4°С, наружная у порталов $t_{н.}$ = - 2°С, при этом начальная концентрация окиси углерода входящего в тоннель воздуха $C_н$ = 8 мг/м³.

Тип и максимальное количество автомашин, движущихся в тоннеле в двух направлениях, приводится в нижеследующей таблице:

Тип автомашин	Наименование автомашин	Количество движущихся автомашин в час	Тип двигателя в автомашине
ЗИЛ-130В	грузовая	190	карбюраторный
МАЗ-504	"	60	дизельный
КрАЗ-257	"	50	-"-
ЛАЗ-695	"	220	карбюраторный
ГАЗ-24	легковая	400	-"-
ВАЗ-2101I	"	230	-"-
	ВСЕГО:	1150	

I. Определяем допустимость применения продольно-струйной системы вентиляции в автодорожном тоннеле заданной длины при заданной интенсивности движения по формуле (I)

$$L_T = 1900 - 0{,}60.1150 = 1210 \text{ м}$$

Применение допустимо, так как заданная длина тоннеля меньше допустимой, определенной по формуле (I).

2. Определяем максимальное количество автомашин одного типа, одновременно движущихся в тоннеле, по формуле (2)

ЗИЛ-130В - $n_{м1} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 190 = 3{,}8$ маш.

МАЗ-130В - $n_{м2} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 60 = 1{,}2$ маш.

КрАЗ-257 - $n_{м3} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 50 = 1$ маш.

ЛАЗ-695 - $n_{м4} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 200 = 4{,}4$ маш.

ГАЗ-24 - $n_{м5} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 400 = 8$ маш.

ВАЗ-2101I - $n_{м6} = \frac{1200}{60.1000} \cdot 230 = 4{,}6$ маш.

3. Суммарное количество автомашин всех типов, одновременно находящихся в тоннеле, определено по формуле (3)

$$\Sigma n_м = 3{,}8+1{,}2+1+4{,}4+8+4{,}6 = 23 \text{ маш.}$$

4. Количество автомашин,легковых и грузовых, одновременно находящихся в тоннеле и движущихся в одном направлении, приведенное к легковым автомашинам, определяем по формуле (4), примая значение К=0,5

$$N_{м.пр.л.} = 0,5.1150(0,55+1,5.0,45)\ \frac{1200}{60.1000} = 14,1 \text{ маш.}$$

5. При заданной длине тоннеля и скорости движения автомашин время нахождения экипажа и пассажиров каждой автомашины в тоннеле составит $\frac{1200.60}{60.1000} = 1,2$ мин.

Так как рассчитываемый тоннель служит для пассажирского движения и время нахождения в нем экипажа и пассажиров каждой автомашины составляет менее 15 мин.,то в соответствии с требованиями СНиП П-44-78, п.6.4 принимаем предельно допустимую концентрацию окиси углерода в вытяжном воздухе транспортной зоны тоннеля - 150 мг/м^3.

Учитывая незначительный уклон трассы тоннеля - 6^0/оо, количество окиси углерода, выделяемой с выхлопными газами автомашин каждого типа, одновременно движущихся в тоннеле, принимаем как для горизонтального участка по данным литературы [3], без изменения количества выделяемых автомашинами вредностей, учитывая, что 50% автомашин движутся вниз по уклону со сниженным выделением вредностей, а 50% - вверх с некоторым повышением их выделения, что взаимно компенсируется. В соответствии с рекомендацией [3], стр.21, в значение G для карбюраторных автомашин вводится коэффициент 1,6.

Принятое по данным литературы [3] значение G для каждого типа заданных автомашин приводятся в нижеследующей таблице:

Тип автомашины	Тип двигателя в автомашине	Количество выделяемой автомашинами CO и значение повышающего коэффициента по данным литературы [3]	
		CO, кг/ч	повышающий коэффициент
ЗИЛ-130В	карбюраторный	3,27	1,6
МАЗ-504	дизельный	0,3	-
КрАЗ-257	дизельный	0,4	-
ЛАЗ-695	карбюраторный	4,0	1,6
ГАЗ-24	-"-	1,45	1,6
ВАЗ-2101	-"-	0,99	1,6

Суммарное количество газовых вредностей (окиси углерода - CO), выделяемых всеми типами автомашин, одновременно движущимися в тоннеле, с учетом вышеприведенных исходных данных определяем по формуле (5)

$$\Sigma G = 3,27.1,6.3,8+0,3.1,2+0,4.1,0+4,0.1,6.4,4+1,45.1,6.8,0+0,99.1,6.4,6 = 74,65 \text{ кг/ч}$$

Расчетный воздухообмен в тоннеле определяем по формуле (6), с учетом вышеприведенных исходных данных

$$Q = \frac{1,1.10^6.74,65}{150-8} = 578275 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6. Продольная средняя по сечению тоннеля скорость воздуха определяется по формуле (8)

$$V_T = \frac{578295}{3600 \cdot 69,5} = 2,31 \text{ м/с}.$$

7. При заданной наружной температуре воздуха $t_н = -2^0$С его плотность составит $\gamma_н = 1,303$ кг/м^3, а при внутренней средней температуре воздуха в тоннеле $t_{т.ср} = +4^0$С его плотность составит $\gamma_{т.ср.} = 1,275$ кг/м^3.

8. Принимаем к установке для продольно-струйной системы вентиляции осевые вентиляторы типа СВМ-6М с трубчатыми глушителями шума типа ГШ-6, располагаемыми последовательно по две секции с всасывающей и напорной стороны каждого вентилятора $F_в = 0,282$.

Задаваясь разными скоростями воздуха, выходящего из напорной части вентиляторной установки от $V_в = 26$ м/с до $V_в = 29$ м/с, строим кривую характеристики аэродинамического сопротивления вентиляторной установки по формуле (10), которая пересекается с кривой аэродинамической характеристики вентилятора СВМ-6М, построенной по полному давлению (в добавление к характеристике по приложению 5.2). Характеристики пересекаются в точке с производительностью вентилятора $Q_в = 7,9$ м^3/с, что соответствует скорости выхода воздуха из напорной части установки $V_в = \frac{7,9}{0,282} = 28$ м/с

Аэродинамическое сопротивление вентиляторной установки в этой точке характеристики, определенное по формуле (10), составит

$$P_{с.в.} = 1,1.1 \frac{1.275.28^2}{2.9,81} = 56.04 \text{ кГс/м}^2,$$

что соответствует полному напору вентилятора в этой точке характеристики.

По параметрам рабочей точки вентилятора СВМ-6м - $Q_в$ = = 7,9 $м^3/с$, $Р_п$ = 56,04 $кГс/см^2$, потребляемая мощность вентилятора составит N = I2,6 кВт, а скорость выхода воздуха из напорного патрубка вентиляторной установки

$$V_в = \frac{7,9}{0,282} = 28,0I \text{ м/с},$$

которую и принимаем для последующих расчетов.

II. Принимаем к установке в каждом ряду по 2 вышевыбранных типа вентилятора, расположенных на расстоянии 0,5 м от внутренней поверхности свода тоннеля до верхней образующей поверхности вентилятора, что соответствует $h = 0,5 + 0,3 = 0,8$ м, а

$$\frac{h}{r} = \frac{0,8}{0,3} = 2,67.$$

По кривой прилохения 6.I., в соответствии с полученным значением $\frac{h}{r}$,определяем значение Кс=0.83.

Расстояние между осями вентилятора по ширине тоннеля, в соответствии с данными рекомендациями в "Введении", принимаем между осями вентиляторов I,8 м, располагая установку каждого вентилятора на равном расстоянии от вертикальной оси тоннеля.

Используя изложенные данные, определяем давление, которое создают струйные вентиляторы, установленные в тоннеле в одном ряду, по формуле (9)

$$P_в = 2.0{,}83\,\frac{2.0{,}282}{69{,}5}\cdot\frac{28{,}01}{2{,}31}\left(\frac{28{,}01}{2{,}31}-1\right)\frac{1{,}275.2.31^2}{2.9{,}81} =$$

$$= 0{,}623 \text{ кГс/м}^2.$$

12. Определяем аэродинамическое сопротивление (трение и местные сопротивления) тоннеля по формуле (12), принимая по данным литературы [5] коэффициент аэродинамического сопротивления трению внутренней поверхности тоннеля $\lambda = 0{,}028$.

$$P_т = (1{,}5+0{,}028\,\frac{1200}{9{,}22})\,\frac{1{,}275.2{,}31^2}{2.9{,}81} = 1{,}784 \text{ кГс/м}^2.$$

13. Давление, создаваемое движущимися автомашинами в тоннеле, при встречном движении определяем по формуле (13), принимая по данным, приведенным в таблице 1, $F_{м.пр.л.} = 2{,}1$ и $\varphi_м = 0{,}48$

$$P_{м.вст.} = \frac{2.1.0{,}48}{69{,}5}\cdot\frac{1{,}275}{2.9{,}81}\left[14{,}1\left(\frac{1000.60}{3600}+2{,}31\right)^2 - 14{,}1\left(\frac{1000.60}{3600}-2{,}31\right)^2\right] = 2{,}05 \text{ кГс/м2}$$

14. Давление, создаваемое скоростным потоком воздуха от ветра у порталов, при температуре наружного воздуха $t_{нар} = -2^\circ$С и плотности воздуха $\gamma_н = 1{,}303$ кг/м^3 определяем по формуле (14):

у северного портала

$$\pm P_{вет.} = \frac{1{,}303\cdot 3^2}{2.9{,}81}\cdot 0.766^2 = 0{,}35 \text{ кГс/м}^2$$

у южного портала

$$\pm P_{вет.} = \frac{1{,}303 \cdot 6^2}{2.9{,}81} \cdot 0{,}766^2 = 1{,}40 \text{ кГс/м}^2$$

15. Давление, создаваемое действием гравитационных сил воздуха у порталов, определяем по формуле (15)

$$\pm P_{гр.} = 7{,}5\ (1{,}303-1{,}275)=0{,}21 \text{ кГс/м}^2$$

16. Давление, создаваемое разницей барометрических давлений наружной атмосферы перед порталами, определяем по формуле (16)

$$\pm P_{бар.}=13{,}8\ (741{,}06-741)=0{,}828 \text{ кГс/м}^2$$

17. Количество рядов вентиляторов, которое следует устанавливать по длине тоннеля, определяем по формуле (17).

При этом, учитывая возможность взаимного изменения направления действия наружных естественных сил - направления ветра и барометрического давления, - принимаем направление движения воздуха продольно-струйной системы вентиляции от северного портала к южному, тогда определяется положительное - против воздуха вентиляции или отрицательное - по движению воздуха вентиляции значение выше определенных следующих величин: $-P_{вет.север.}$, $+P_{вет.юж.}$, $-P_{гр.}$, $+P_{бар.}$

$$П_{в.р.} = \frac{1{,}784+2{,}05-0{,}35+1{,}40-0{,}21+0{,}828}{0{,}623} = 8{,}83 \text{ рядов}$$

I8. Принимаем к установке с запасом I0 рядов вентиляторов, располагаемых попарно с расстоянием между рядами I20 м и от торца порталов до первых вентиляторных установок не 60 м.

Принятое расстояние между вентиляторами соответствует допустимому, указанному в формуле (I8), и равно

$$\frac{\ell_р}{Д_{экв.}} = \frac{I20}{9,22} = I3,0 < I4$$

I9. К вентиляторам устанавливаем электродвигатели с частотой вращения 2940 оборотов в минуту, напряжением 380/660В, мощностью N = I4 кВт в специальном съемном исполнении.

20. Вентиляторы оборудуются глушителем шума типа ГШ-6 по две секции с всасывающей и напорной стороны вентилятора.

2I. Суммарная максимальная потребляемая мощность всей системы продольно-струйной вентиляции составляет:

$$\Sigma N = I2,6 \cdot 2.I0 = 252 \text{ кВт}.$$

22. Вся установка обеспечивается автоматической системой включения (по рядам) и отключения электродвигателей вентиляторов для поддержания концентрации CO не более I50 мг/м^3, в зависимости от интенсивности движения автомашин в тоннеле.

Пример 2. Определить количество струйных вентиляторов при условии установки их по одному вентилятору в ряду для

транспортного туннеля типа П длиной L_T = 580 м, поперечным сечением F_T = 60 м^2. Эквивалентный гидравлический диаметр тоннеля $D_{экв}$ = 8.7 м. В тоннеле предполагается двухстороннее движение автосамосвалов типа МАЗ-503 с дизельными двигателями со скоростью V_M = 60 км/ч (I6,66 м/с) и максимальной интенсивностью $N_{и.м.}$ = 4I5 автосамосвалов в час (в каждом направлении движется 50% от общего количества машин, K=0,5), разница отметок между порталами ΔH = I5 м, преимущественное направление ветра действует под углом α = 40^0 к порталу, имеющему меньшую высотную отметку, со скоростью $V_{ветра}$ = 5 м/с, барометрическое давление у обоих порталов одинаково, т.е. $B_I = B_2$, средняя температура воздуха в тоннеле $t_{ср.т.}$ = + 20^0 С, что соответствует $\gamma_{ср.т.}$ = I,205 кг/м^3, средняя температура наружной атмосферы $t_{н.}$ = + 30^0 С, что соответствует $\gamma_{н.}$ = I,I65 кг/м^3.

I. Определяем допустимость применения продольно-струйной системы вентиляции в транспортном тоннеле с заданной длиной и интенсивностью движения по формуле (I)

$$L_T = 1900 - 0.60.415 = 1650 \text{ м}$$

Применение допустимо, так как допустимая длина более чем в 2 раза превышает заданную.

2. Количество автосамосвалов, одновременно находящихся в тоннеле, определяем по формуле (2)

$$N_M = \frac{580}{60.1000} \cdot 415 = 4 \text{ автосамосвала}$$

3. Расчетный воздухообмен в тоннеле определяем по формуле (7) из соображения подачи 5 $м^3$/мин воздуха на I л.с. мощности дизельного двигателя автосамосвала.

$$Q = 5.60.180.4 = 216000 \ м^3/ч$$

4. Продольную, среднюю по сечению тоннеля скорость воздуха определяем по формуле (8)

$$v_T = \frac{216000}{3600.60} = 1 \ м/с.$$

5. Для струйной системы вентиляции в данных условиях могут быть применены вентиляторы типа СВМ-6м или ВМ-6м с трубчатыми глушителями шума типа ГШ-6, расположенными последовательно по две секции с всасывающей и напорной стороны каждого вентилятора, поэтому дальнейший расчет проводим на оба типа вентиляторов, с установкой в каждом ряду по 1 вентилятору

6. Значение скорости воздуха определяем точкой пересечения аэродинамической кривой сопротивления вентилятора, построенной по формуле (10), и аэродинамической характеристики вентилятора.

Для вентилятора типа СВМ-6М скорость $v_в$ = 28,36 м/с, а для вентилятора типа ВМ-6М при работе в области

$\theta = -20^0$, $v_в$ = 27,65 м/с;

$\theta = 0^0$, $v_в$ = 29,4 м/с; $\theta = 45^0$, $v_в$ = 32,9 м/

При установке вентиляторов непосредственно под сводом тоннеля принимаем коэффициент использования струи (по приложению 6.1) K_c = 0,7.

7. Давление, создаваемое одним вентилятором, определяем по формуле (9).

7.I. Для вентилятора СВМ-6м

$$P_в = 2.0{,}7\ \frac{0{,}282}{60{,}0} \cdot \frac{28{,}36}{I}\left(\frac{28{,}36}{I} - I\right)\frac{I{,}205.I}{2.9{,}8I} =$$

$= 0{,}3I3$ кГс/м^2.

7.2. Для вентилятора ВМ-6М ($V_в$ =27,65 м/с)

($\theta = -20^0$)

$$P_в = 2.0{,}7\ \frac{0{,}282}{60} \cdot \frac{27{,}65}{I}\left(\frac{27{,}65}{I} - I\right)\frac{I{,}205.I}{2.9{,}8I} = 0{,}297 \text{ кГс/м}^2$$

7.3. Для вентилятора ВМ-6М ($V_в$=29,4 м/с) ($\theta = 0^0$)

$$P_в = 2.0{,}7\ \frac{0{,}282}{60} \cdot \frac{29{,}4}{I}\left(\frac{29{,}4}{I} - I\right)\frac{I{,}205.I}{2.9{,}8I} = 0{,}337 \text{ кГс/м}^2$$

7.4. Для вентилятора ВМ-6М ($V_в$=32,9 м/с) ($\theta = 45^0$)

$$P_в = 2.0{,}7\ \frac{0{,}282}{60} \cdot \frac{32{,}9}{I}\left(\frac{32{,}9}{I} - I\right)\frac{I{,}205.I}{2.9{,}8I} = 0{,}424 \text{ кГс/м}^2$$

8. Аэродинамическое сопротивление (трение и местные сопротивления) тоннеля определяем по формуле (I2), принимая по данным литературы [5] коэффициент аэродинамического сопротивления трению внутренней поверхности тоннеля N =0,028

$$P_т = \left(I{,}5 + 0{,}028\ \frac{580}{8{,}7}\right)\frac{I{,}205.I}{2.9{,}8I} = 0{,}206 \text{ кГс/м}^2$$

9. Давление, создаваемое движущимися автосамосвалами в тоннеле при встречном движении, определяем по формуле (I3), принимая по данным, приведенным в таблице I, $F_м$ = 5,2 м

$$\varphi_м = 0{,}63$$

$$P_{м.вст.} = \frac{5{,}2.0{,}63}{60} \quad \frac{I.205}{2.9{,}8I} \left[2 \left(\frac{I000.60}{3600} + I \right)^2 - \right.$$

$$\left. -2 \left(\frac{I000.60}{3600} - I \right)^2 \right] = 0{,}446 \text{ кГс/м}^2$$

I0. Давление, создаваемое скоростным потоком воздуха от ветра у портала, при температуре наружного воздуха $t_н$ =30° С и плотности воздуха $\gamma_н$ = I,I65 кг/м^3, определяем по формуле (I4)

$$P_{вет.} = \frac{I{,}I65.5^2}{2.9{,}8I} = I{,}48 \text{ кГс/м}^2$$

II. Давление, создаваемое разницей барометрических давлений наружной атмосферы перед порталами, с учетом того, что $B_I = B_2$ по формуле (I6)

$P_{бар.} = 0.$

I2. Давление, создаваемое действием гравитационных сил воздуха у порталов, определяем по формуле (I5)

$$\pm P_{гр.} = I5 \ (I.205 - I{,}I65) = 0{,}68 \text{ кг/м}^2$$

I3. Количество вентиляторов, необходимое для проветривания тоннеля, определяем по формуле (I7).

I3.I. В случае применения вентилятора СВМ-6м

$$n_{в.р.} = \frac{0,206+0,446+I,48-0,68}{0,3I3} = 4,89 \approx 5 \text{ шт.}$$

Потребляемая мощность одного вентилятора по характеристике N = I3 кВт, тогда ΣN = 65 кВт.

I3.2. В случае применения вентилятора ВМ-6м при $V_в$ = 27,65 м/с и θ =-20°

$$n_{в.р.} = \frac{0,206+0,446+I,48-0,68}{0,297} = 5,I6 \approx 6 \text{ шт.}$$

Потребляемая мощность одного вентилятора по характеристике N = I0 кВт, Σ = 60 кВт.

I3.3. В случае применения вентилятора ВМ-6м при $V_в$=29,4м/ и θ = 0°.

$$n_{в.р.} = \frac{0,206+0,446+I,48-0,68}{0,334} = 5 \text{ шт.}$$

Потребляемая мощность одного вентилятора по характеристике N = I3 кВт, ΣN = 65 кВт.

I3.4. В случае применения вентилятора ВМ-6м при $V_в$ = 32,9 м/с и θ =45°

$$n_{в.р.} = \frac{0,206+0,446+I,48-0,68}{0,424} = 3,6 \approx 4 \text{ шт.}$$

Потребляемая мощность одного вентилятора по характеристике вентилятора N = 25 кВт, ΣN = I00 кВт.

Из приведенного расчета видно, что для вентиляции тоннеля наиболее предпочтительные варианты - I3.I, I3.2 и I3.3, однако, учитывая вес и габариты рассмотренных вентиляторов, которые необходимо установить под сводом тоннеля, наиболее целесообразный вариант - использование 5 вентиляторов типа СВМ-5к, как более легких.

6. ЛИТЕРАТУРА

I. Строительные нормы и правила.
Тоннели железнодорожные и автодорожные
- СНиП П-44-78

2. Руководство по проектированию и осуществлению вентиляции при сооружении тоннелей в энергостроительстве "Оргэнергострой",инв. № Б98I938 ВНИИЦЕНТР.I980.

3. Расчеты выбросов окиси углерода с отработанными газами при движении автомобилей в тоннеле ЦНИЛ ТД № УДК 62I.43.068.00I.2, инвентарный номер Всесоюзного научно-технического информационного центра № Б795266.

4. Инструкция по безопасному применению самоходного оборудования в подземных рудниках.
Издательство "Недра". I972.

5. Поляков А.Х. "Проектирование вентиляции тоннелей".
М.Стройиздат., I97I.

6. Идельчик И.Е. "Справочник по гидравлическим сопротивлениям", 1975. II издание, издательство "Машиностроение", 1975.

7. В.Я.Цодиков "Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов". Издательство "Недра", II издание, 19[illegible]. стр. 568

8. Михайловский Е.В. "Аэродинамика автомобиля", М., 1973.

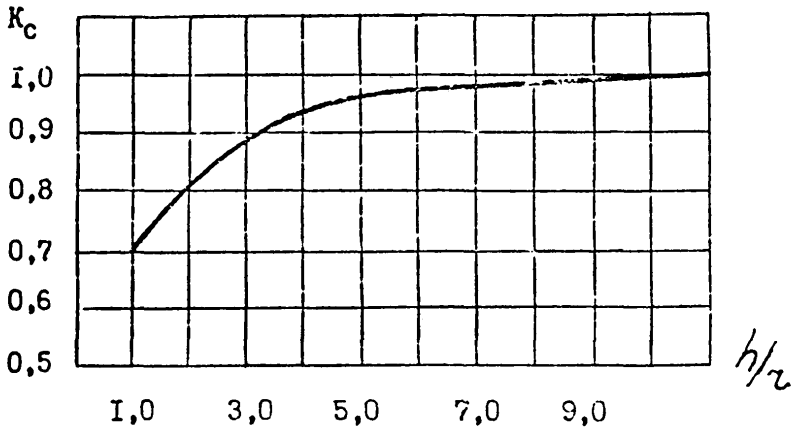
9. Братченко Б.Ф. "Стационарные установки шахт", М., "Недра", 1977.

10. Барский А.С. - О применении струйной системы вентиляции транспортных тоннелей. Транспортное строительство, № 7, 1977.

11. Вентиляция тоннелей выдувом. Перевод ЦБТИ . МФ-Пер. 71/33493.

12. Вентиляция шоссейных тоннелей с помощью вентиляторов, дающих направленную струю воздуха. Установка и управление этими вентиляторами.
Перевод ЦБТИ № МФ-15309-69-ПФ. 69/11718

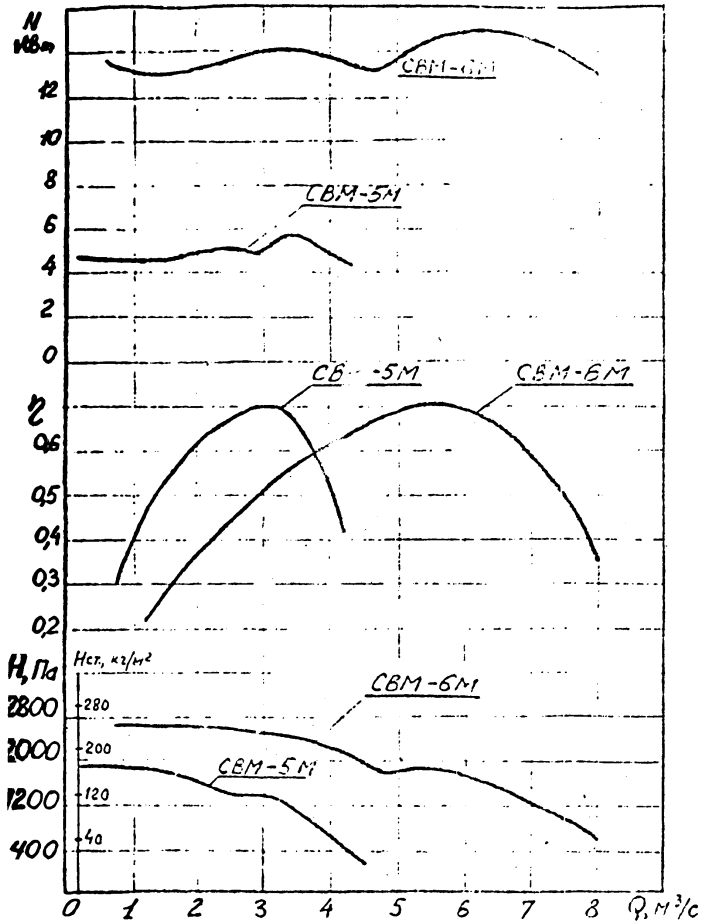
13. Система струйных вентиляторов (Ота тоннель, Япония), Перевод ЦБТИ № МФ-14729-69-Пер. 70/12203.



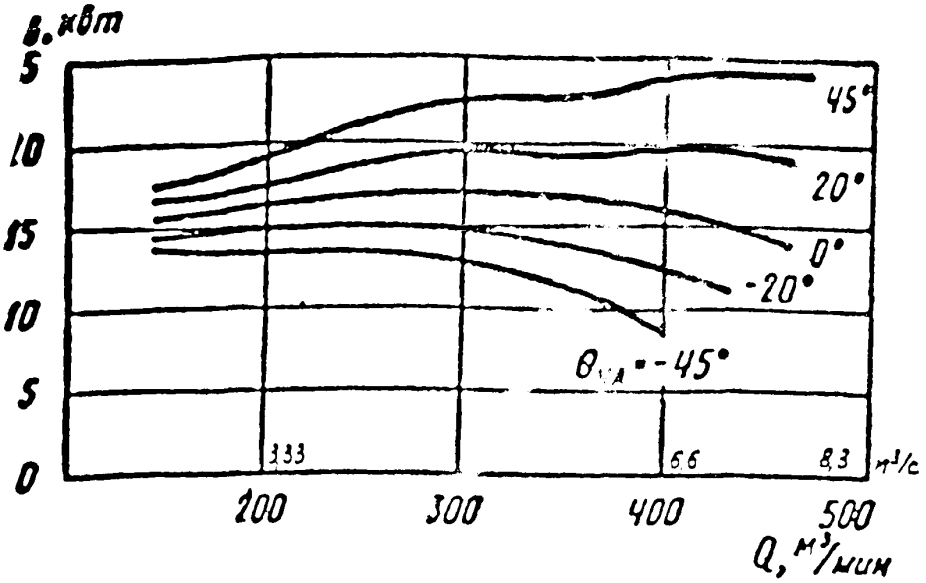
Определение коэффициента использования струи вентилятора.

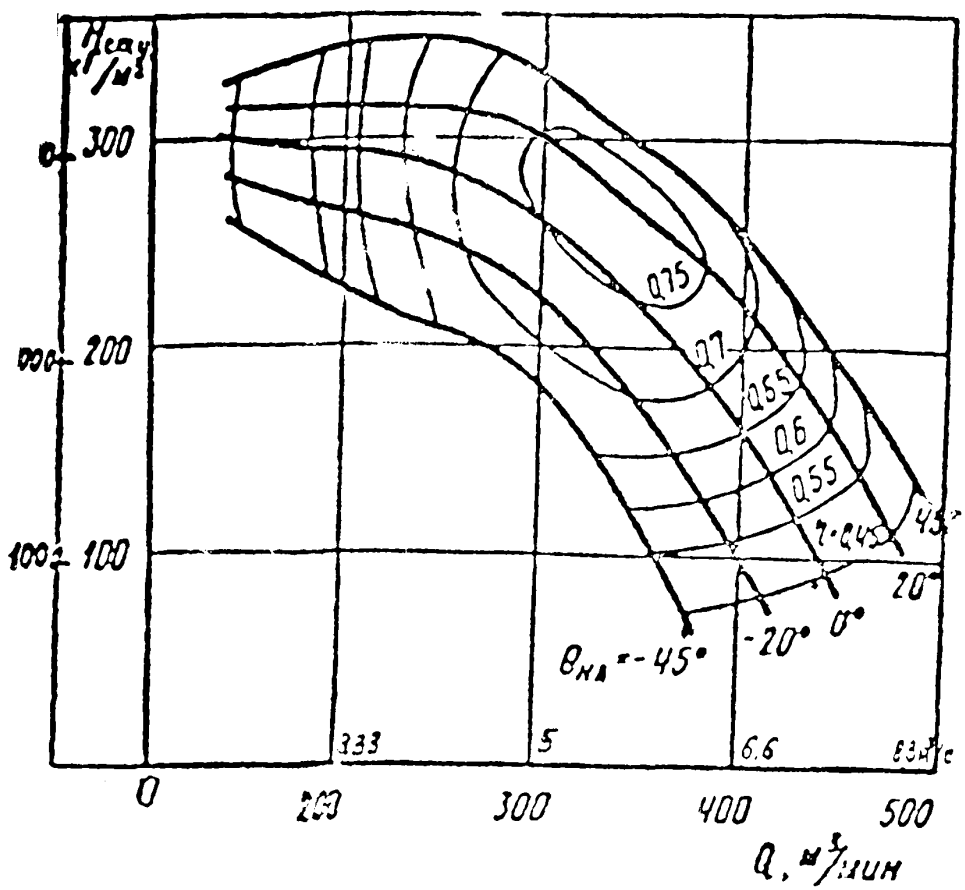
h - расстояние между центром выходного отверстия вентилятора и поверхностью выработки, м;

r - радиус выходного отверстия вентилятора, м.



• Аэродинамические характеристики вентиляторов СВМ-5М, СВМ-6М.





Аэродинамические характеристики вентилятора ВМ-6М.

gost.e-ecolog.ru